



Universidade
do Porto
Faculdade de
Engenharia
FEUP


DEMEC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Introdução ao Controlo Numérico Computorizado – I Conceitos Gerais




João Manuel R. S. Tavares
Joaquim Oliveira Fonseca



Bibliografia


- *Controlo Numérico Computorizado, Conceitos Fundamentais*
Carlos Relvas
Publindústria, Edições Técnicas
- *Curso Básico de Control Numérico*
<http://www.femz.es/cursos/CNC-Basico/default.htm>
- *Curso Avanzado de Programacion de Control Numérico*
<http://www.femz.es/cursos/CNC-Avanzado/default.htm>



2012@JST/JOF

CFAC: Introdução ao CNC - I

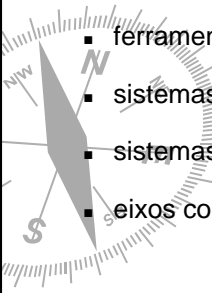
2




Componentes das máquinas de comando numérico

Os componentes típicos de uma máquina de comando numérico incluem:

- eixos de deslocamento;
- transmissões;
- dispositivos de medida de posição e de deslocamento;
- ferramenta principal ou cabeça (árvore);
- sistemas de aperto das peças;
- sistemas de mudança das ferramentas;
- eixos complementares de rotação e de deslocamento.



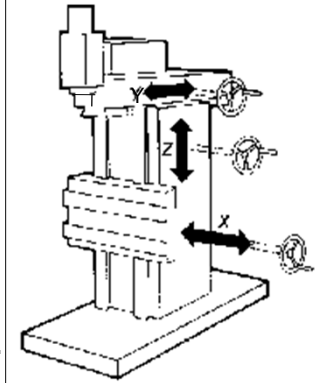
2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 3



Componentes das máquinas de comando numérico


Eixos lineares principais

Na designação das máquinas de comando numérico **utiliza-se sempre o conceito de eixos lineares**: direções dos deslocamentos principais das partes móveis da máquina como, por exemplo, da mesa porta peças, da cabeça, da torreta, etc.



Eixos de deslocamento de uma fresadora.

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 4


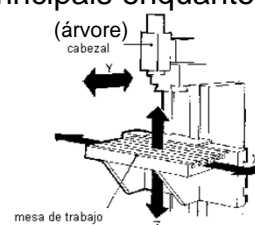


Componentes das máquinas de comando numérico


Eixos lineares principais X, Y, Z

As máquinas de comando numérico estão providas de um número de eixos principais característico. Convencionalmente estes eixos designam-se por **X, Y, Z**.

A **designação** e a **descrição** dos eixos de cada tipo de máquina de comando numérico é **normalizada (Z // árvore)**. Os tornos dispõem de dois eixos lineares principais enquanto as fresadoras estão dotadas de três.

2012@JST/JOFF CFAC: Introdução ao CNC - I 5



Componentes das máquinas de comando numérico

Eixos complementares


Algumas máquinas de comando numérico dispõem de mesas giratórias e/ou cabeça orientável. Os eixos sobre os quais giram essas mesas e cabeça, são controlados de forma independente e são designados por eixos complementares de rotação. A sua velocidade é também regulada de forma autónoma.

Os eixos complementares de rotação (paralelos a X, Y, Z) são designados, em programação de CN, por A, B, C.

Devido às exigências impostas pela complexidade de certas peças, outras máquinas de comando numérico estão dotadas com mais do que três eixos de deslocamento linear principal.

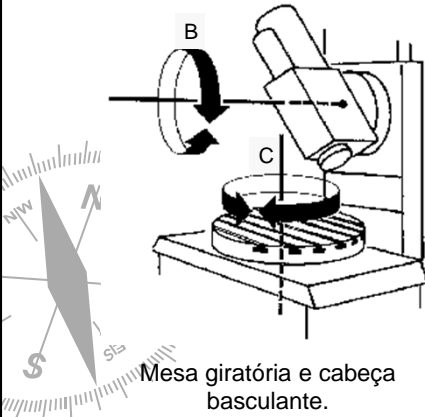
Os eixos complementares de deslocamento (paralelos a X, Y, Z) são designados, em programação de CN, por U, V, W.

2012@JST/JOFF CFAC: Introdução ao CNC - I 6

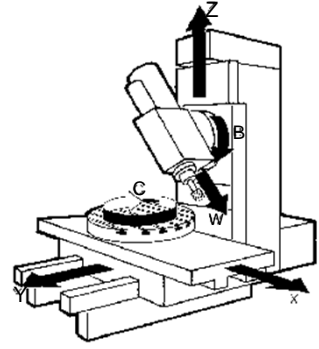


Componentes das máquinas de comando numérico

Eixos complementares




Mesa giratória e cabeça basculante.



Centro de maquinagem com 6 eixos (4 lineares e dois giratórios).

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 7




Componentes das máquinas de comando numérico

Sistemas CN básicos

Nas primeiras máquinas ferramentas, dotadas de unidades de controlo numérico, **o programa era implementado externamente**, e devia ser transferido para o controlador mediante algum suporte físico (cartão, cinta perfurada, disquete). Estes programas podiam ser iniciados ou parados mas não podiam ser modificados ou editados.

As **correções geométricas**, devidas às dimensões das ferramentas e dos dispositivos de suporte, tinham que ser **previstas antecipadamente**, durante a programação e o operador deveria montar as ferramentas segundo as considerações efectuadas (**correção manual**).

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 8




Componentes das máquinas de comando numérico

Sistemas CNC (controlados por computador)

Presentemente um computador, como UC, permite ao operador começar/terminar o programa e também realizar modificações (editar) sobre o mesmo, junto da máquina, manipulando os dados através de periféricos de entrada e de saída.

As dimensões das ferramentas (comprimento, raio, etc.) definem-se durante a operação ou na inicialização das mesmas, de forma independente do programa. Estes dados são automaticamente incorporados na programação (códigos próprios) durante a execução para que sejam levadas a cabo as correções pertinentes. Por esta razão o operador pode, no início do trabalho, editar os programas com menos informação, limitando-se nessa fase a designar as ferramentas (**correção automática**).

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 9



Componentes das máquinas de comando numérico


Tipos de controlo

Os conceitos de interpolação linear ou circular estão relacionados com os deslocamentos dos eixos básicos das máquinas de comando numérico:

Interpolação linear: Neste tipo de trajetória o sistema de CNC calcula um conjunto de posições intermédias ao longo de um segmento de reta definido entre o ponto inicial e o final. Durante o deslocamento, de uma posição intermédia a outra, os movimentos de cada um dos eixos considerados corrigem-se continuamente, de maneira que a trajetória não se desvie, da reta teórica definida, mais do que a tolerância permitida.

Interpolação circular: O sistema CNC calcula um conjunto de posições intermédias ao longo do segmento circular definido entre os pontos inicial e final. Durante o deslocamento, de uma posição intermédia a outra, os movimentos de cada um dos eixos considerados corrigem-se continuamente, de maneira que a trajetória não se desvie, do arco de circunferência teórico, mais do que a tolerância permitida.

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 10



Componentes das máquinas de comando numérico

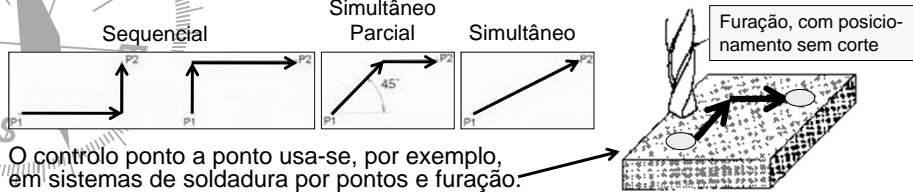
Tipos de controlo

De acordo com o tipo de controlo os sistemas CNC subdividem-se em três categorias segundo um nível crescente de prestações: **ponto a ponto, paraxial e contínuo**.

O **controlo ponto a ponto** permite, o posicionamento da ferramenta nos pontos programados, mediante **movimentos simples em cada eixo, e sem corte**.


Tal supõe que **em trabalho não se pode controlar a trajetória** da ferramenta.

Dependendo do tipo de controlo, os **motores** de cada eixo atuam separadamente ou em conjunto até que seja alcançada a posição desejada.



O controlo ponto a ponto usa-se, por exemplo, em sistemas de soldadura por pontos e furação.

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 11

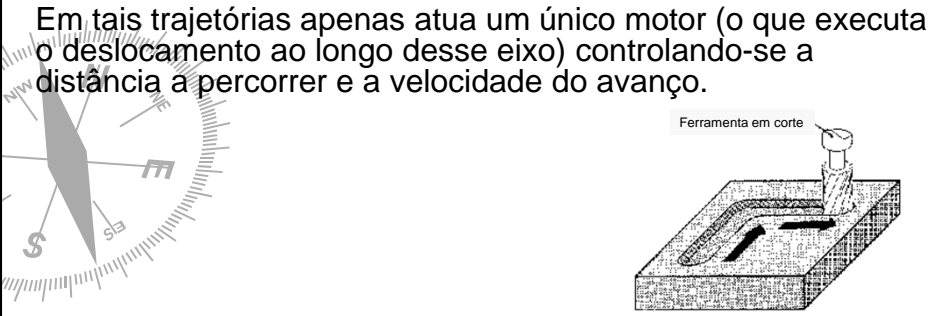


Componentes das máquinas de comando numérico


Tipos de controlo

O **controlo paraxial** permite, adicionalmente aos deslocamentos rápidos em vazio, o avanço da ferramenta em corte, segundo trajetórias paralelas aos eixos de base da máquina de comando numérico.

Em tais trajetórias apenas atua um único motor (o que executa o deslocamento ao longo desse eixo) controlando-se a distância a percorrer e a velocidade do avanço.



2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 12


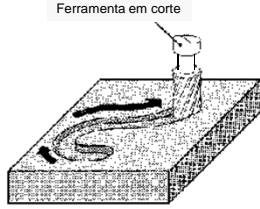


Componentes das máquinas de comando numérico

Tipos de controlo

O controlo contínuo permite:


- Os deslocamentos rápidos da ferramenta sem corte;
- Avanços em corte, paralelos aos eixos de base;
- Avanços em corte, até qualquer ponto arbitrário da peça, utilizando interpolações lineares ou circulares.

2012@JST/JOF

CFAC: Introdução ao CNC - I

13



Componentes das máquinas de comando numérico

Tipos de controlo

Existem diferentes níveis de complexidade nos controlos contínuos, em relação à capacidade de atuar sobre vários eixos, em simultâneo, para obter trajetórias das ferramentas por interpolação mais ou menos complexas. Neste contexto convém distinguir os **planos designados para interpolação**. Assim se fala de **contorno 2D, 2D e 1/2, e 3D**.


As prestações de uma máquina de comando numérico não se classificam pelo número de eixos disponíveis, mas sim pelo número de eixos que se podem mover (controlar) de forma simultânea para descrever as trajetórias.

Um controlo de tipo contínuo pode atuar como paraxial ou ponto a ponto, e um paraxial só como ponto a ponto. As situações inversas não são viáveis.

2012@JST/JOF

CFAC: Introdução ao CNC - I

14



Componentes das máquinas de comando numérico

Controlo de funções máquina

Em adição às funções geométricas para o controlo dos deslocamentos, os sistemas CNC dispõem de outras para a gestão da máquina: as **funções máquina**. O número destas e a forma como se executam dependem, tanto da própria máquina de comando numérico, como das possibilidades da UC.

Exemplos de funções máquina:

- Ligar a rotação e controlo da velocidade da árvore, posicionamento angular da cabeça, ligar o refrigerante de corte, manter a velocidade de avanço constante, manter a velocidade de corte constante, mudança da ferramenta, ...

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 15



Componentes das máquinas de comando numérico


Componentes de um sistema de CNC

O “coração” de um sistema CNC é um **computador**, que se encarrega de realizar todos os **cálculos** necessários, bem como, as **operações lógicas** de controlo.

Atendendo a que o sistema CNC é a ponte entre o operador e a máquina-ferramenta, são necessárias as respectivas **interfaces**.



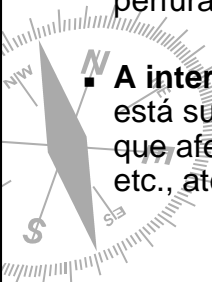
2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 16




Componentes das máquinas de comando numérico

Componentes de um sistema CN

- **A interface do operador** formada pelo **painel de controlo** e vários dispositivos a ele ligados, geralmente relacionados com o armazenamento (leitor de cinta perfurada, cassete, disquetes, etc.) ou de impressão.
- **A interface de controlo** da máquina-ferramenta que está subdividida em múltiplas conexões de controlo e que afetam os atuadores dos eixos, da árvore principal, etc., até chegar ao sistema auxiliar de potência.



2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 17

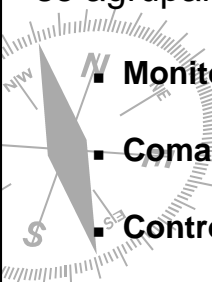


Componentes das máquinas de comando numérico


Painel de controlo

O aspeto externo do painel de controlo pode variar consideravelmente em função do fabricante, no entanto, os componentes que nele aparecem podem-se agrupar de forma genérica em:

- **Monitor;**
- **Comandos para o controlo máquina;**
- **Controlos para programação.**



2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 18



Componentes das máquinas de comando numérico

Painel de controlo

Para garantir o funcionamento correto da máquina de comando numérico e a aceitação das instruções para o computador, o painel de controlo apresenta um **comutador do modo de operação**. Os principais modos de operação possíveis são:

- programação (edição e gestão);
- modificação dos dados da ferramenta;
- funcionamento manual;
- funcionamento automático.

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 19



Componentes das máquinas de comando numérico

Operar funções auxiliares máquina


Os **comandos de controlo máquina** iniciam ou param atividades básicas da máquina de comando numérico.

Em muitas ocasiões trata-se de **interruptores ON/OFF** associados a funções individuais (tudo/nada), como por exemplo: ligar/desligar lubrificante de corte ou ligar/parar a árvore.

Habitualmente estas funções aparecem representadas mediante um **ícone** (símbolo) inscrito no botão correspondente.

Existem diversos tipos de comandos para começar e controlar o **avanço** dos eixos básicos da máquina de forma direta: botão, "joysticks" e volantes elétricos.

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 20



Componentes das máquinas de comando numérico

Teclado de programação

Na botoneira que controla as funções de programação, pode-se distinguir as teclas utilizadas para a transcrição dos **dados de entrada** (caracteres) e aquelas que iniciam qualquer **comando do computador** (como a tecla <ENTER> ou <INTRO>).


Para a escrita dos dados, os painéis de controlo incorporam um **conjunto de caracteres reduzido** composto pelas letras (maiúsculas) com significado na programação de CN (G, M, F, S, ...), números e operadores matemáticos elementares (+, -, /, ..). Com este conjunto tipográfico pode-se introduzir o texto do programa de CN carácter a carácter.

G	M	X	Y	Z
N	R	7	8	9
D	C	4	5	6
F	S	1	2	3
T	/	-	0	.

2012@JST/JOFF

CFAC: Introdução ao CNC - I

21











Componentes das máquinas de comando numérico

Teclado de programação

Alguns painéis incorporam **teclas com as funções** de programação mais importantes ou usuais de forma explícita, o que reduz ou **abrevia** a introdução do programa. Tais funções aparecem designadas de forma direta com o seu texto sobre a tecla ou com um ícone que a descreve (tal é o caso dos deslocamentos).


As teclas de **comandos do computador** utilizam-se para a execução de tarefas como a correção, o armazenamento, a listagem e o arranque dos programas de CN, assim como, para a sua reprodução para os periféricos externos. Tais comandos podem-se identificar porque incorporam **abreviações** ou **símbolos**.

G00	G01
G02	G03
	
	
	
	
INPUT	

2012@JST/JOFF

CFAC: Introdução ao CNC - I

22




Componentes das máquinas de comando numérico

Equipamento auxiliar externo

Os sistemas de CNC dispõem de **memória limitada** para o armazenamento de programas (que, como em todos os equipamentos informáticos, tende a crescer nos novos modelos). Assim, é necessário, por diversas causas, dispor de recursos técnicos capazes de **preservar tal informação externamente**. Por outro lado, nunca se sabe quando se vai utilizar novamente um programa; repetir a sua edição junto da máquina pode ser bastante tediosa e improdutiva.

Os métodos mais habituais para o armazenamento externo de informação são a porta RS 232 e a **disquete**, a fita perfurada e a **cassete** (em CNC antigos).

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 23



Componentes das máquinas de comando numérico


Equipamento auxiliar externo

Para levar a cabo a transmissão para os sistemas de armazenamento (para os dispositivos que gravam e leem) utilizam-se várias **conexões standard** (por exemplo a RS232).

Estes **standards** por um lado estabelecem a forma de **codificar** a informação para a sua correta interpretação, e por outro, a **velocidade** e as unidades básicas de transmissão/receção que garantam a fluidez da mesma.

Estes parâmetros estabelecem um **protocolo de comunicação**. Uma das variáveis mais comuns é a velocidade de transmissão [bits/s].

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 24



Componentes das máquinas de comando numérico


Microprocessador

Os sistemas de CNC incluem um computador que fisicamente consiste num ou vários **processadores** (CPU), e em circuitos integrados para **armazenamento** de dados (módulos de memória).

A CPU intervém no **processamento dos dados do programa** (cálculos, gestão, memorização) introduzidos pelo operador que se traduzem em sinais elétricos que controlam a máquina de comando numérico.

Os dados do programa são constituídos por **instruções de CN** e de inicialização ou **estado** da máquina e das ferramentas (por exemplo dimensões das ferramentas).

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 25



Componentes das máquinas de comando numérico

Interface de controlo

As funções que executa uma máquina-ferramenta, **não** podem ser inicializadas de forma direta pelo computador do seu sistema CNC. É necessária a intervenção de um filtro, ou elemento intermédio, que traduza os sinais emitidos e gerem ambos os dispositivos. A união entre a máquina-ferramenta e o computador do sistema CNC é constituída pela **interface de controlo**, que atua sobre cada um dos controladores dos eixos e sobre o **sistema de alimentação auxiliar de potência**. A **interface de controlo** tem como função a **conversão dos sinais** provenientes do sistema CNC noutros próprios para os atuadores da máquina-ferramenta, para desta forma, efetuar as ações ou movimentos programados.

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 26




Componentes das máquinas de comando numérico

Posicionamento dos eixos

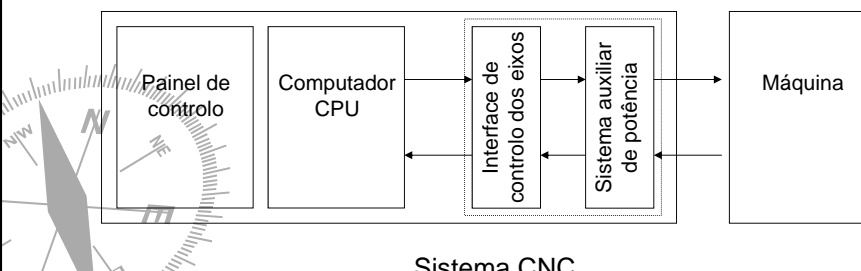
Independentemente dos componentes que incorporem o sistema CNC, e das relações que se estabelecem entre uns e outros, aparece sempre um conjunto de dispositivos eletrónicos essenciais para qualquer configuração como, os **comparadores digitais básicos** e os **circuitos de controlo**.



2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 27



Componentes das máquinas de comando numérico



Sistema CNC

2012@JST/JOF CFAC: Introdução ao CNC - I 28